

⑬ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 44 24 257 A 1**

⑳ Aktenzeichen: P 44 24 257.3
㉑ Anmeldetag: 9. 7. 94
㉒ Offenlegungstag: 18. 1. 96

⑥ Int. Cl.⁶:
F 04 D 13/06
F 04 D 13/02
H 02 K 7/10
H 02 K 21/02
// A47L 15/42

DE 44 24 257 A 1

㉓ Anmelder:

Aweco Kunststofftechnik Gerätebau GmbH & Co
KG, 88099 Neukirch, DE

㉔ Vertreter:

Eisele, Dr. Otten & Dr. Roth, 88214 Ravensburg

㉕ Erfinder:

Jans, Gerold, 88260 Argenbühl, DE; Nelzow,
Hartmann, 70193 Stuttgart, DE; Kunz, Wunnibald,
88045 Friedrichshafen, DE

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

㉖ Zentrifugalpumpe hoher Leistung mit Einphasensynchronmotorantrieb

㉗ Die Erfindung beschreibt eine Zentrifugalpumpe im Leistungsbereich von 30-200 Watt mit einem Einphasensynchronmotorantrieb und ausschließlich mechanischen Anlaufhilfen. Dieser bisher bei einem Antrieb dieser Art nicht erreichte Leistungsbereich wurde durch eine neue Statorgeometrie des Antriebsmotors mit geringem Streufeld und geringer Entmagnetisierung der Permanentmagnete des Rotors, ein Kupplungssystem, das den Rotor weitgehend frei anlaufen läßt und die beim Anlauf auftretenden Drehmomentspitzen abfängt sowie die Momentschwingungen des Rotors dämpft und ein geteiltes Pumpenrad, durch dessen Teilung ein Teil des Trägheitsmomentes des Pumpenrads und der Wasserlast beim Anlauf vom Antrieb abgekoppelt wird, ermöglicht.

DE 44 24 257 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf eine Zentrifugalpumpe hoher Leistung mit Einphasensynchronmotorantrieb mit einem zweipoligen dauermagnetisch erregten Rotor zum vorzugsweisen Einsatz in Spülmaschinen.

In Spülmaschinen werden normalerweise Pumpen mit Asynchronmotoren als Antrieb eingesetzt. Diese Motoren benötigen zum Anlauf einen Kondensator und sind daher in der Fertigung teuer, außerdem ist ihr Wirkungsgrad niedrig. Bekannte einphasige, 2-polige Synchronmotoren mit Permanentmagnetrotor sind einfacher aufgebaut, sie besitzen jedoch nur ein sehr kleines Drehmoment aus der Ruhelage. Die bekannten Einphasen-Synchronmotoren mit herkömmlichen Blechschnitten des Statorpakets laufen bei höheren Leistungen nicht mehr an und es tritt eine Entmagnetisierung der Rotormagnete ein. Wenn ein solcher Motor als Antrieb für eine Pumpe eingesetzt werden soll, reicht das Drehmoment des Motors zum sicheren Anlaufen nicht aus. Mit größer werdenden Massenträgheiten der zu beschleunigenden Teile, wie Rotor, Pumpenrad und Wasserlast wird der Motoranlauf immer schwieriger. Man hat daher versucht eine Entkopplung der Massenträgheiten des Antriebs und der Pumpe durch Anlaufkupplungen zu erreichen. EP 0433649A1 beschreibt eine mögliche Ausführungsform einer solchen Kupplung, bestehend aus einem Rotor mit einem Mitnahmesüß, der ein Anschwingen des Rotors durch einen großen Freilaufwinkel ermöglicht. Zur Dämpfung des Kupplungsanschlages ist hier ein Elastomerring vorgesehen. EP 0505980A1 setzt zusätzlich eine Feder in der Kupplung ein, um den Anschlag beim Anlaufen zu dämpfen. Die bis heute bekannten Anlaufkupplungen der Kleinmotoren mit einer Leistung bis etwa 30 Watt sind jedoch, auch bei entsprechend größerer Dimensionierung, bei größeren Leistungsklassen wegen der zu großen Geräuscentwicklung beim Anschlag der Kupplung und der dabei auftretenden sehr hohen Materialbelastungen nicht einsetzbar.

Synchronmotoren können außerdem, im Gegensatz zu den üblichen Asynchronmotoren, ohne Hilfsmittel je nach Einschaltzeitpunkt und Lage der Freilaufkupplung in einer zufälligen Drehrichtung anlaufen, während durch die erfindungsgemäße Kupplung bei jedem neuen Anlauf die Drehrichtung umgekehrt wird. Es wäre durchaus denkbar, bei entsprechender Formgebung des Pumpengehäuses, durch diese Drehrichtungsumkehr abwechselnd den oberen und den unteren Sprüharm einer Spülmaschine zu bedienen. Übliche Laufräder, die für Links- und Rechtslauf ausgelegt sind, besitzen einen relativ schlechten Schaufelwirkungsgrad, da das Medium im Ansaugmund nahezu senkrecht auf die Schaufel trifft und deshalb große Stoßverluste entstehen. Aufgrund der beliebigen Drehrichtung müssen die Schaufeln sternförmig mit einem Schaufeleintrittswinkel und Schaufelaustrittswinkel von 90° sein, damit bei jeder Drehrichtung die gleiche Förderleistung erzielt wird. Das bekannte "Saugwellenrad" (Rohr-Rad-Verbund), bei dem die Strömung im vorgeschalteten Rohr ohne Eintritts- oder Vordrallverluste über die drallgebende Rohrwand soweit mitgenommen wird, daß die Fördermenge stoßfrei in die Schaufeln eintritt, ist für den vorwiegend vorgesehenen Anwendungsfall in Spülmaschinen in axialer Länge zu groß.

Die Erfindung hat daher die Aufgabe, eine Pumpe mit Leistungen im Bereich bis weit über 100 Watt zu realisieren, wobei ein preiswert herzustellender, 2-poliger,

einphasiger Synchron-Wechselstrommotor mit Permanentmagnetrotor ohne elektrische Hilfswicklungen als Antrieb dienen soll, wobei ein sicheres, geräuscharmes und materialschonendes Anlaufen der Pumpe ohne Entmagnetisierungserscheinungen der Permanentmagnete des Rotors und im stationären Betrieb ein schwingungsarmer Rundlauf bei hohem Wirkungsgrad des Gesamtsystems unter allen Betriebszuständen erreicht wird, wobei auch die thermischen Bedingungen für einen Motor dieser Art eingehalten werden. Da die 2-poligen Synchronmotoren (ohne Hilfswicklung) in zwei Drehrichtungen anlaufen können, ist eine Pumpenradgeometrie zu finden, die bei beiden Drehrichtungen einen guten Wirkungsgrad bei kurzer Baulänge hat.

Die Aufgabe wird durch die in den Patentansprüchen genannten vorteilhaften Ausgestaltungen des Pumpenrads, der Kupplungselemente und durch die optimierte Statorgeometrie gelöst.

Die mit der Erfindung erzielten Vorteile bestehen insbesondere darin, daß die Pumpe aufgrund der einfachen Bauform des Synchronmotors und der Geometrie des Pumpenrads platzsparend, teilearm und kostengünstig realisiert werden kann. Durch die nahezu rotationssymmetrische Gestaltung der Kupplung und durch die Dämpfung der kraftübertragenden Anlageflächen mittels elastomeren Elementen in einer abgeschlossenen Fettkammer wird ein sehr ruhiger Gleichlauf bei gleichzeitig verbessertem Wirkungsgrad erreicht, da die motorspezifischen Spitzendrehmomente gut geglättet werden. Der Stator des Motors ist bei der Erfindung nicht in der konventionellen U-Form, sondern in Form eines Ringes oder Rahmens gestaltet, in dem die Pole zum Rotor hinzeigen. Die Pole sind in einer Lage zwischen radial und tangential zum Rotor angeordnet. Der Luftspalt wird vorzugsweise nicht konstant, sondern sichelförmig oder in Form von zwei aneinandergereihten, jeweils konstanten aber unterschiedlich weiten Luftspalten ausgeführt. Die Spulen sind auf den Polen nahe dem Luftspalt angeordnet. Die Form des Stators und die Anordnung der Spulen führt zu einer besonders streuarmen Ausführung des Motors. Dies ist erforderlich, um in dem angestrebten Leistungsbereich einen Anlauf ohne Entmagnetisierungserscheinungen zu ermöglichen und den Wirkungsgrad im Stationärbetrieb hoch zu halten. Die Form des Fensterquerschnitts ist so gestaltet, daß dadurch eine optimale Induktivität erzielt wird, da unter anderem damit die Entmagnetisierungsgrenze zu größeren Leistungen verschoben werden kann. Es hat sich weiterhin als vorteilhaft erwiesen, die Rotorwelle aus einem ferritischen Material, insbesondere ferritischem Edelstahl zu fertigen. Gegenüber einem unmagnetischen (austenitischen) Material konnte eine Wirkungsgradverbesserung von 5—10% erreicht werden.

Die Ausgestaltung des Luftspaltes und die Anordnung der Statorpole und Spulen erzeugt zwischen dem Nulldurchgang des unbestromten (Rast-) Moments und dem Anteil, der aus der Bestromung herrührt, einen Differenzwinkel. Damit ist es möglich, beim Anfahren aus dem Stillstand ein Drehmoment zu erzeugen.

Durch die besondere Gestaltung der Kupplung, insbesondere die Ankopplung des Kupplungsstückes über Reibschluß an die Motorwelle, die Einbettung von Elastomer-Anschlägen in das Pumpenrad und den Eingriff der Zinken des Kupplungsstückes mit einem relativ kleinen Freilaufwinkel in die Elastomeranschläge wurde der Anlauf verbessert, die Anschlagkräfte und damit der abgegebene Schall reduziert und Schwingungen im Dauerlauf gedämpft. Aufgrund der eingeführten Ver-

besserungen kann als Magnetmaterial trotz der hohen Pumpenleistung noch ein Hartferrit im Rotor eingesetzt werden.

Durch eine vorteilhafte Formgebung des Pumpenrads wird eine weitgehend stoßfreie Ausrichtung der Wasserströmung im Ansaugbereich erreicht und das drallgebende Rohr wesentlich verkürzt. Die Schaufeln greifen bei möglichst kleinem Eintrittsdurchmesser, d. h. bei kleiner Umlaufgeschwindigkeit weit in den Saugmund und minimieren somit bei kurzer Bauform und 90° Schaufeleintritts- und -austrittswinkel die Stoßverluste bzw. Eintrittsverluste. Eine neuartige Anlaufkupplung ermöglicht bei kleiner Materialbeanspruchung eine wirksame Entkopplung der Trägheitsmomente der Massen der Pumpenseite vom Trägheitsmoment des Rotors. Durch ein Aufteilen des Pumpenrads in ein Laufrad und einen axial frei beweglichen Nabendeckel muß im Anlauf nur das Laufrad mit den Schaufeln beschleunigt werden. Da das Laufrad im Wasser anläuft, kommt zum Trägheitsmoment der mechanischen Teile das des Wassers hinzu. Durch das axiale Spiel des Nabendeckels ist das Laufrad im Anlauf halb offen, so daß Wasser quer über die Laufradschaufeln übertreten bzw. ausweichen kann und somit die Wasserlast während der Beschleunigungsphase vermindert wird. Der gute Wirkungsgrad der Pumpe wird dann erst nach dem Anpressen des Nabendeckels durch die sich bildende Druckdifferenz zwischen der Saugseite und der Druckseite erzielt.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert, aus denen sich weitere wichtige Merkmale ergeben.

Fig. 1 zeigt im oberen Teil schematisch den Aufbau einer möglichen Ausführungsform der Erfindung. In den beiden unteren Bildteilen sind zum besseren Verständnis die Kupplungsteile und das Laufrad auseinandergezogen dargestellt.

Ein Einphasensynchronmotor 1 treibt über ein Kupplungssystem 3 die Pumpe 2 an. Der Motor ist als Naßläufer ausgeführt, der Rotor 17 dreht in einem Spaltrohr 18, die eine Trennung des Statorpakets 19 und der beiden Magnetspulen 24, 24' vom Rohr 17 bewirkt. Der Rotor besteht im vorliegenden Fall aus zwei Rotorhalbschalen 20, 20' aus permanentmagnetischem Material und wird mittels der Achse 4 in zwei Gleitlagern 21, 21' geführt.

Die Kraftübertragung erfolgt von der Motorachse 4 über das Kupplungssystem 3, bestehend aus einer Mitnahmescheibe 14, die formschlüssig auf der Achse 4 sitzt, einem Sicherungsring 5 und einem zwischen einer Druckscheibe 7 und zwei Reibscheiben 8, 30 über eine Druckfeder 6 eingespannten Kupplungsstück 9. Das Kupplungsstück 9 greift seinerseits über z. B. stiftförmige Zinken 10, 10' in korrespondierende Aussparungen 11, 11' des Laufrades 12, in welchen sich je zwei Dämpfungspuffer 18, 18' aus Elastomeren befinden. Zwischen den Dämpfungspuffern 18, 18' und den Zinken 10 bzw. 10' besteht ein Spiel, der sogenannte Freilaufwinkel "A". Dieser Freilaufwinkel "A" stellt sicher, daß der Rotor trotz der großen Trägheitsmasse von Pumpenrad und Wasser anschwingt. Weiter trägt das Kupplungsstück 9 auf der dem Motor zugewandten Seite eine Reibscheibe 30 und ein Anschlagstück 13, welche mit der fest auf der Motorachse 4 sitzenden Mitnahmescheibe 14 eine Reibkupplung mit einem größeren, aber begrenzten Freilaufwinkel "B" bildet. Die im oben beschriebenen Freilauf "A" zwischen Kupplungsstück 9 und Laufrad 12 entstehenden Rotor-Drehmomente reichen nicht aus, den Motor sofort zu starten, aber sie reichen aus, die

Reibkupplung mit der beschriebenen Wegbegrenzung des Freilaufwinkels "B" durchzudrehen. Während diesem Vorgang wird das Laufrad 12 über das Reibmoment soweit beschleunigt, daß der Anschlag sanft erfolgt. Beim Abschalten des Motors ist das Reibmoment zwischen Kupplungsstück 9 und den Reibscheiben 8 und 30 ausreichend groß, damit das Anschlagstück 13 am Anschlag der Mitnahmescheibe 14 bleibt, so daß beim nächsten Anlauf wieder der volle Reibweg zurückgelegt wird, jedoch in die andere Richtung wie beim vorigen Mal. Die gesamte Kupplung ist mit einer Abdeckhaube 15 verschlossen und, hier nicht sichtbar, zur Geräusch- und Schwingungsdämpfung mit einem viskosen Medium, z. B. Schmierfett gefüllt. Das Pumpenrad der Pumpe ist zweiteilig und besteht aus einem Laufrad 12 und einem Nabendeckel 16. Der Nabendeckel 16 ist auf der Achse 4 frei beweglich. Während des Anlaufes der Pumpe wird nur das Laufrad 12 über die Kupplung 3 mit dem Motor 1 angetrieben. Dadurch muß der Motor nur die Massenträgheit des Laufrads 12 überwinden. Die Massenträgheit des Wassers im Ansaugbereich 22 und auf den Druckseiten 23, 23' wird beim Anlauf nur gering wirksam, da das Laufrad 12 allein nur eine geringe Pumpleistung erbringt. Während des Pumpenanlaufs bilden sich dann in der Pumpe 2 Druck- und Strömungsverhältnisse aus, die bewirken, daß der Nabendeckel 16 an das Laufrad 12 gesaugt wird. Mit zunehmender Annäherung des Nabendeckels 16 an das Laufrad 12 verbessern sich die Pumpeigenschaften, was letztendlich zur Bildung eines quasi einteiligen Pumpenrads führt. Die Schaufeln 25 des Laufrads 12 greifen mit kleiner werdendem Durchmesser weit in den Ansaugbereich 22 hinein.

Der Anlaufvorgang der Pumpe kann wie folgt beschrieben werden: Wird der Motor vom Stillstand her eingeschaltet, fließt ein Anfangsstrom, der vom Einschaltaugenblick und der Motorimpedanz bestimmt wird. Dieser Strom erzeugt ein kleines Drehmoment mit einer Drehrichtung, die vom Einschaltzeitpunkt und der jeweiligen Rotorstellung abhängt. Durch den Betrieb mit Wechselspannung wird der Rotor innerhalb des Freilaufs "A" in Schwingung versetzt. Der dabei auftretende Anschlagstoß reicht nicht aus, das Pumpenrad direkt anzutreiben, aber bei richtiger Drehrichtung reicht er aus, die Haftreibung zu überwinden und die Reibkupplung mit Hilfe des Motordrehmoments bis zum anderen Anschlag zwischen Kupplungsstück und Mitnahmescheibe durchzudrehen. Während dieser Relativbewegung zwischen Kupplungsstück und Mitnahmescheibe wird das Pumpenrad über die Reibkraft beschleunigt und erfährt bis zum Erreichen der formschlüssigen Mitnahme zwischen Kupplungsstück und Mitnahmescheibe nahezu die Synchrondrehzahl, so daß der zu erwartende Anschlagstoß minimal wird. Aufgrund der sich bildenden Strömungsverhältnisse wird der Nabendeckel an das Laufrad gedrückt, der Anlaufvorgang ist abgeschlossen.

Im stationären Betrieb entwickelt ein Einphasensynchronmotor Motor ein pulsierendes Drehmoment, das zu Drehschwingungen anregt und im Pumpenrad eine instationäre Strömung verursachen kann. Die Elastizitäten des Kupplungssystems bewirken eine Entkopplung der Drehschwingungen des Motors vom Pumpenrad; durch das Energieabsorptionsvermögen des Elastomers und der Fettfüllung wird eine Drehdämpfung erzielt, die auch die Drehschwingungen des Motors bedämpfen und deren Einfluß auf den Motorwirkungsgrad reduzieren.

Die Vorteile der erfindungsgemäßen Optimierung

des Stators ist aus Fig. 2 ersichtlich, wobei der obere Bildteil das Feldbild einer konventionellen U-förmigen Statorform 40 und der untere das Feldlinienbild der erfindungsgemäßen Statorform 50, hier mit versetzt angeordneten Polschuhen 51, 52 zeigt. Bei beiden Figuren ist der Fluß zwischen den Feldlinien 41 gleich. Die Stirnfelder können bei der zweidimensionalen Betrachtung nicht gezeigt werden, obwohl sie ebenfalls einen gewichtigen Beitrag zu den Unterschieden zwischen den beiden Formen liefern. Die mit den Spulen verknüpften Streuflußlinien führen bei dem Stator nach Fig. 2 unten zu einer wesentlich kleineren Streuinduktivität als bei dem konventionellen Stator nach Fig. 2 oben.

Patentansprüche

1. Zentrifugalpumpe hoher Leistung mit Einphasensynchronmotorantrieb bestehend aus einem Einphasensynchronmotor, einer Freilaufkupplung und einer Zentrifugalpumpe, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Synchronmotor zur Erzielung niedriger Streuung mit einem kastenförmigen Stator ausgestattet ist, bei dem die Pole radial mit einem beliebigen Versatz zum radialen Strahl angeordnet sind, die Spulen direkt am Luftspalt angeordnet sind, daß die Kupplung mit einem Kupplungsstück ausgestattet ist, das reibkraftschlüssig mit der Motorwelle verbunden ist, wobei das Kupplungsstück mit Zinken in Elastomeranschlüge eingreift, die mit dem Pumpenrad verbunden sind, daß das Pumpenrad der Zentrifugalpumpe zweigeteilt ist, wovon das eine Teil mit den Elastomeranschlügen verbunden ist, das andere Teil lose ist und durch Differenzdrücke der Strömung an das erste Teil gedrückt und von ihm über Reibschluß mitgenommen wird und das Pumpenrad einen Schaufeleintritts- und -austrittswinkel von 90° hat.
2. Zentrifugalpumpe hoher Leistung mit Einphasensynchronmotorantrieb nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Stator eine Ringform hat.
3. Spulen für einen Stator nach einem der Ansprüche 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Längen- zu Höhenverhältnis durch Formung der Spulen eine kontrollierte Streuung bewirkt.
4. Einphasensynchronmotorantrieb nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Motorachse des Rotors aus einem ferritischen Material besteht.
5. Zentrifugalpumpe hoher Leistung mit Einphasensynchronmotorantrieb nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kraftübertragung von der Motorachse auf das Pumpenrad über ein Kupplungssystem (3) erfolgt, bestehend aus einer Rutschkupplung (5, 6, 7, 8, 9) und einem Kupplungsstück (9) mit Mitnahmescheibe (14), die einen Freilaufwinkel "B" bilden, wobei das Kupplungsstück mit einem geringen Freilaufwinkel "A" in ein Laufrad (12) eingreift.
6. Zentrifugalpumpe hoher Leistung mit Einphasensynchronmotorantrieb nach einem der Ansprüche 1 und 5, dadurch gekennzeichnet, daß das Laufrad (12) elastomere Puffer (11, 11') im Eingriffsbereich des Kupplungsstücks (9) enthält.
7. Zentrifugalpumpe hoher Leistung mit Einphasensynchronmotorantrieb nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Kupplung mit einer Abdeckung versehen ist und der Innenraum mit

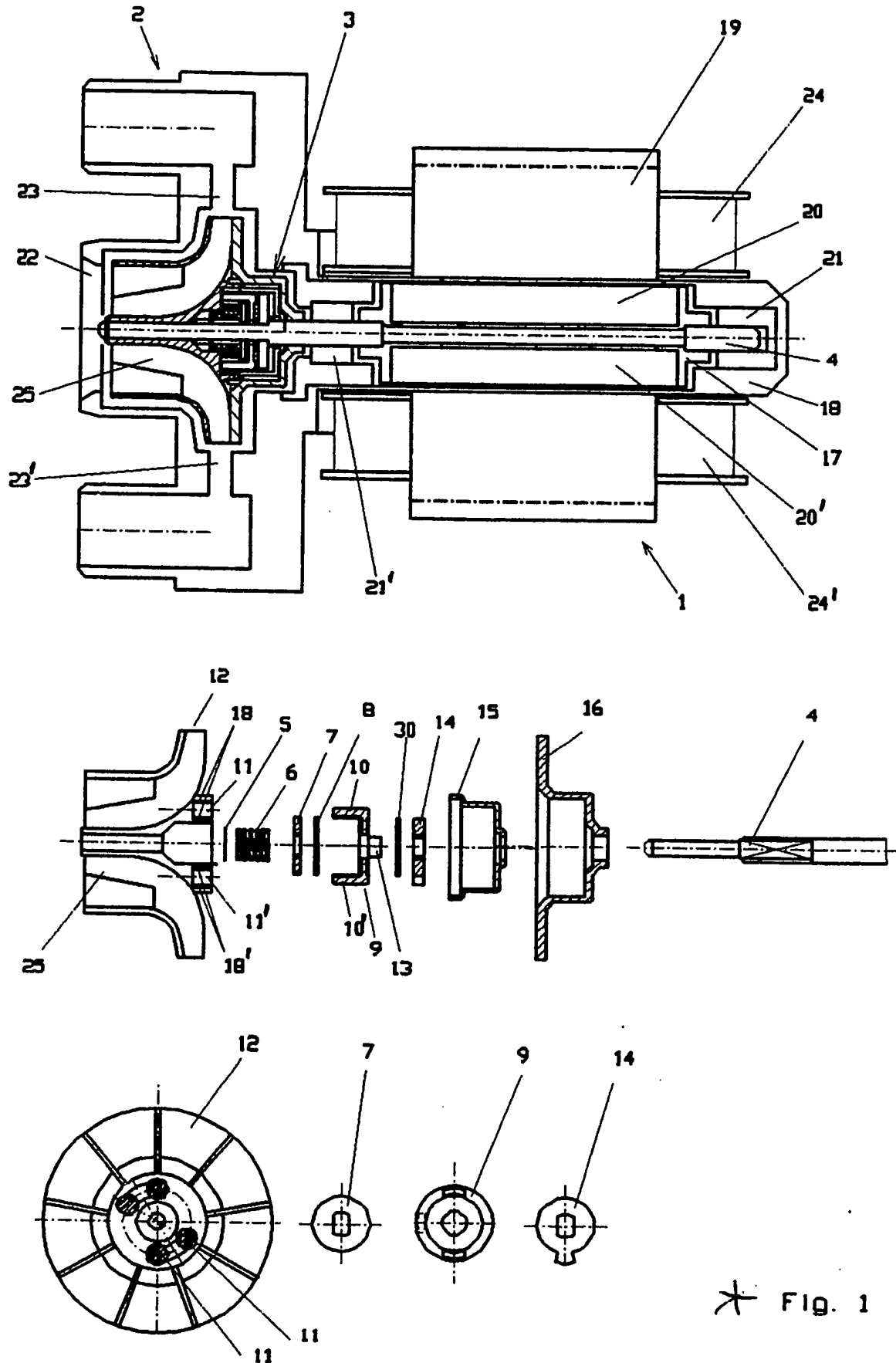
einem viskosen Medium gefüllt ist.

8. Zentrifugalpumpe hoher Leistung mit Einphasensynchronmotorantrieb nach einem der Ansprüche 1, 5, 6, 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Pumpenrad in ein Laufrad (12) und einen Nabendeckel (16) zweigeteilt ist, wobei beide Teile nach dem Anlauf der Pumpe aufgrund der Strömungsverhältnisse ein einziges Pumpenrad bilden.

9. Zentrifugalpumpe hoher Leistung mit Einphasensynchronmotorantrieb nach einem der Ansprüche 1 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die sternförmigen, mit einem Schaufeleintrittswinkel und Schaufelaustrittswinkel von 90° ausgeführten Schaufeln des Laufrades mit einem kleiner werdenden Eintrittsdurchmesser weit in den Saugmund hineingreifen.

10. Zentrifugalpumpe hoher Leistung mit Einphasensynchronmotorantrieb nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Pumpe abwechselnd rechts und links anläuft.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen



* FIG. 1

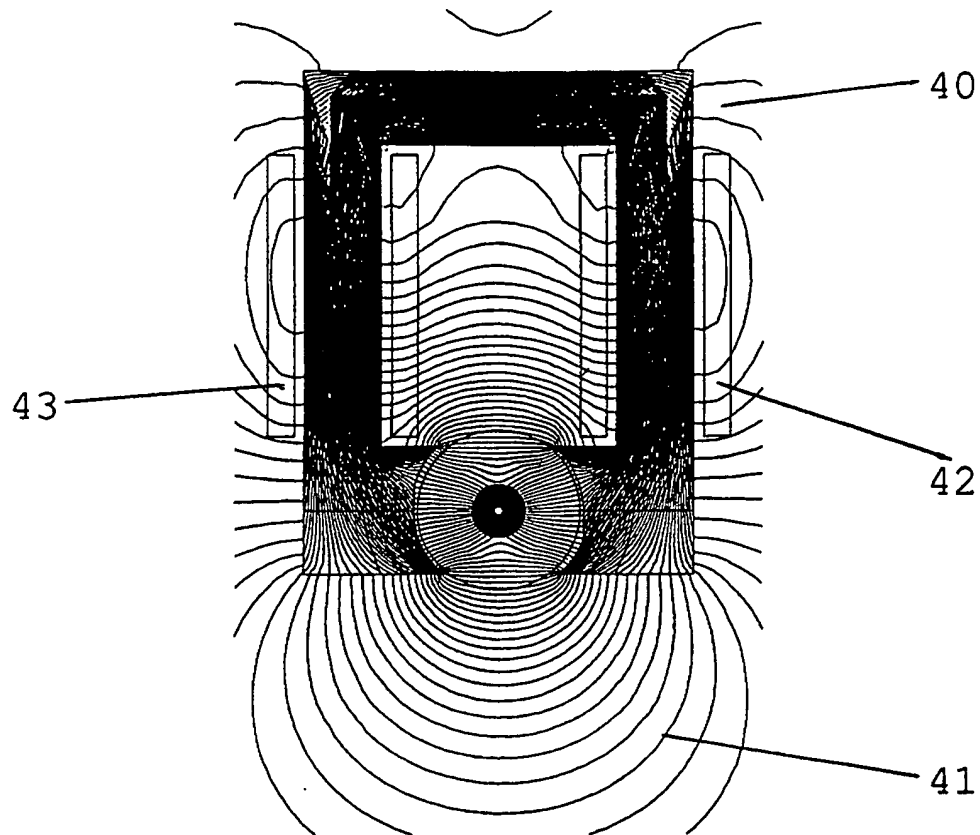


Fig. 2 Oben

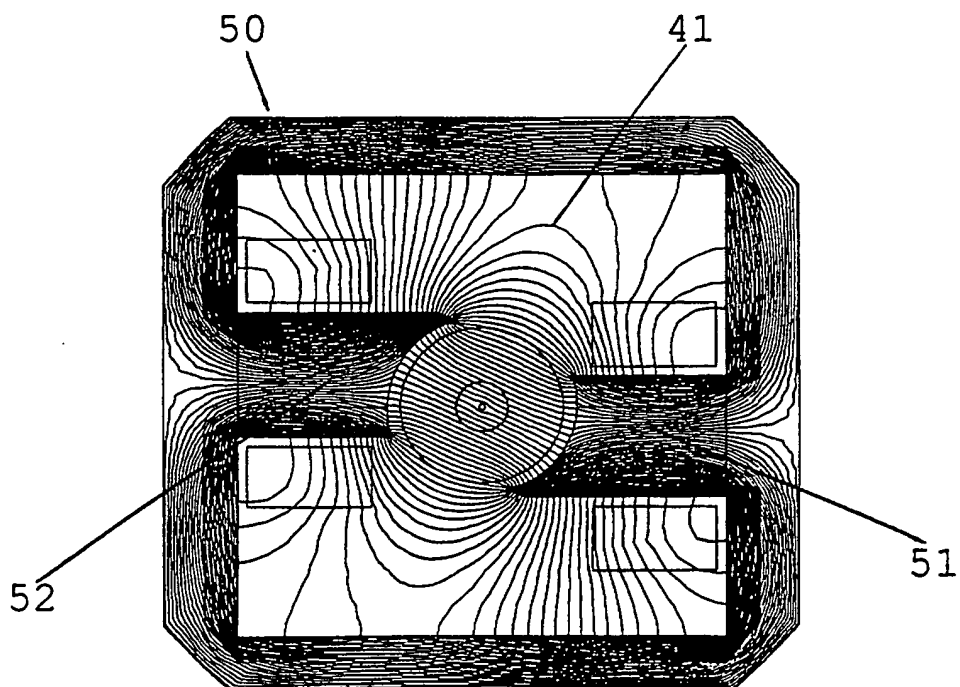


Fig. 2 Unten